

## **CARACTERIZACIÓN DE LOS RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS DEL MUNICIPIO DE ZITÁCUARO, MICHOACÁN**

*García Vargas M.C.<sup>1</sup>*

*Rangel García E.I.<sup>2</sup>*

*García Arreola A.<sup>3</sup>*

### **RESUMEN**

El modelo de desarrollo que rige al mundo es extractivo-productivo, las mercancías son diseñadas bajo los conceptos de obsolescencia planeada y percibida dado como resultado la violación del principio de desarrollo sustentable y enormes cantidades de basura. Zitácuaro, Michoacán no es la excepción, el incremento de la población, el cambio de los hábitos y costumbres y el acortamiento de la vida útil de los materiales han redundado en una acelerada generación de desechos que están compuestos por gran diversidad de sustancias. Desde 2007 se presentó la rápida saturación del tiradero a cielo abierto, teniendo que habilitar mayor espacio antes del tiempo previsto.

Para enfrentar el reto de mejorar la gestión de los residuos, el programa de Ingeniería Industrial del Instituto Tecnológico de Zitácuaro y la Dirección de Servicios Públicos Municipales del Ayuntamiento propusieron realizar una investigación sobre las características de los residuos mediante la aplicación de la normatividad vigente en el país; el objetivo es que los resultados sean la base para la planeación estratégica en la gestión de los Residuos Sólidos Urbanos.

Los resultados del estudio arrojan que el 30.95% son desechos no valorizables que deben tener como disposición final el vertedero municipal, sin embargo, el 69.05% son residuos que son valorizables y puede evitarse que vayan a parar al vertedero.

---

<sup>1</sup> Dra. en Ing. Ambiental Minerva Cristina García Vargas, Instituto Tecnológico de Zitácuaro, [migarcia97@hotmail.com](mailto:migarcia97@hotmail.com)

<sup>2</sup> Ing. en Tecnología de la Madera, Efraín Isaac Rangel García, Ayuntamiento del Municipio de Zitácuaro, [michzitcuaro@yahoo.com.mx](mailto:michzitcuaro@yahoo.com.mx)

<sup>3</sup> Ing. Industrial Alan García Arreola, Ayuntamiento del Municipio de Zitácuaro, [alan.612@hotmail.com](mailto:alan.612@hotmail.com)

Se espera que la caracterización le sirva a las autoridades municipales como base para diseñar un plan de educación ambiental para reducir la basura generada; motivar a la población para que participe en la preselección separando los residuos desde el origen; definir el plan de manejo de residuos; diseñar e implementar una planta de transferencia y selección de materiales con almacenamiento temporal para rescatar los materiales con potencial valorizable y definir el tipo de transporte de acuerdo a la cantidad de materiales que irán al vertedero municipal.

**Palabras clave:** Método de cuarteo, Estratificación de municipio, Caracterización de RSU

## INTRODUCCIÓN

El incremento de la población en el municipio de Zitácuaro, el cambio de los hábitos y costumbres y el acortamiento de la vida útil de los materiales entre otros factores, ha redundado en una acelerada generación de basura que está compuesta por una gran diversidad de materiales que requieren ser caracterizados para poder establecer planes de manejo adecuado y cimentar el diseño e implementación de un Sistema de Gestión Integral de Residuos Sólidos Urbanos (SGIRSU), evitando así los graves problemas de gestión y la gran expansión que ha presentado el tiradero a cielo abierto del municipio en los últimos 10 años.

### Características generales del municipio

Zitácuaro es un municipio que se localiza en la parte este del estado de Michoacán, entre las coordenadas 19° 26' latitud norte y entre 100° 22' longitud oeste, a 150 km de Morelia, la capital del estado; está situada a una altura promedio de 1,940 metros sobre el nivel del mar (msnm) y cuenta con una superficie territorial de 510 km<sup>2</sup> (INAFED, 2016)<sup>4</sup>

---

<sup>4</sup> INAFED, 2016. *Enciclopedia de los Municipios y Delegaciones de México*. Fecha de consulta: 20 junio 2016 disponible en: [www.inafed.gob.mx](http://www.inafed.gob.mx)

De acuerdo a la ubicación y división geográfica, Zitácuaro limita en la zona norte con los municipios de Tuxpan y Ocampo, al este con el Estado de México, al sur con Juárez y Susupuato, finalmente en la parte oeste con el municipio de Jungapeo.

Su clima es templado, con lluvias en verano; tiene una precipitación pluvial anual de 813.2 milímetros y temperaturas que oscilan entre 9.3°C y 23°C.

Zitácuaro está constituido por 180 localidades (ver tabla 1) (SEDESOL, 2013)<sup>5</sup>; de acuerdo a los resultados que obtuvo INEGI (2015)<sup>6</sup> del conteo de población que llevó a cabo en el 2010, el número total de personas que viven en el municipio es de 155,534 y en el intercensal del año 2015 que realizó el mismo instituto, ascendió a 164,144.

**Tabla 1 Localidades del Municipio de Zitácuaro**

<b>Agua Bendita (El Pocito)</b>	<b>El Capulín (Tercera Manzana de Crescencio Morales)</b>
Agua Blanca (La Palma)	El Derrumbadero
Agua de la Rosa	El Escobal (Tercera Manzana de San Miguel)
Agua Nueva	El Espinal
Albergue Shalom	El Espinal (Los Espinales)
Aputzio de Juárez (Santa María)	El Gigante
Armadillos (Tercera Manzana de Timbineo)	El Granjeno
Boca de la Cañada (4ª Manzana de Crescencio Morales)	El Hortelano (Puerto de Santa María)
Camémbaro	El Kilómetro (Llano de San Felipe)
Carpinteros	El Lindero (Segunda Manzana de Crescencio Morales)
Casa Blanca	El Llano de Curungueo
Casa Colorada	El Maguey
Cerrito de los Magueyes	El Mirador
Cerro Ancho (Segunda Manzana de Nicolás Romero)	El Naranjo
Colonia Adolfo López Mateos	El Ojo de Agua
Colonia Emiliano Zapata (San Juan Zitácuaro)	El Ojo de Agua
Colonia la Magdalena	El Palmar (Piedra de Cal)
Crescencio Morales (San Mateo)	El Pedregal
Curvas del Gato	El Polvorín
Chimusda- (Cuarta Manzana de Donaciano Ojeda)	El Puerto (Tercera Manzana)
Donaciano Ojeda (1a y 2a Manzana Sn Francisco)	El Puerto de Valle Verde
Dos Ríos (Barbechos)	El Rincón de San Felipe (Tercera Manzana San Felipe)
El Abuelo	El Rincón de Vichi
El Aguacate	El Santísimo (Quinta Manzana de Crescencio Morales)
El Aguacate	El Sauz (Tercera Manzana)
El Álamo	El Sombrero (Tercera Manzana de Curungueo)
El Asoleadero	El Tigre (Segunda Manzana de Crescencio Morales)

<sup>5</sup> SEDESOL, 2013. Catálogo de Localidades. Fecha de consulta: 08 de junio de 2016 disponible en: <http://www.microregiones.gob.mx/catloc/LocdeMun.aspx?tipo=clave&campo=loc&ent=16&mun=112>

<sup>6</sup> INEGI, 2015. Cuéntame. Fecha de consulta: 10 junio 2016, disponible en: <http://cuentame.inegi.org.mx/monografias/informacion/Mich/Poblacion/default.aspx?tema=ME&e=16>

El Banco	El Tigrito (Segunda Manzana de Crescencio Morales)
El Bordo	El Tiradero (El Tianguis)
El Callejón	El Tizate
El Campamento (Sexta Manzana de Nicolás Romero)	El Troje
El Capire	El Túnel
<b>Localidades del Municipio de Zitácuaro</b>	
<b>Continuación</b>	
El Capulín	Fraccionamiento Aguacatera del Monte
Fraccionamiento la Venta	Lechuguillas
Fraccionamiento Primero de Mayo	Linda Vista (El Bosque)
Francisco Serrato (San Bartolo)	Loma de Aparicio
Heroica Zitácuaro	Loma Larga
Ignacio López Rayón (Coyota Primera Manzana)	Lomas de Oriente
Kilometro Once	Lomas del Sol
La Angostura (La Vuelta)	Los Ailes
La Barranca (Quinta Manzana Crescencio Morales)	Los Encinos
La Calera	Los Escóbales (Quinta Manzana de Crescencio Morales)
La Calera	Los Lampazos (Tercera Manzana)
La Cantina	Los Mejía
La Capilla (Tercera Manzana de Francisco Serrato)	Los Polvillos (El Crucero)
La Carne Hedionda	Los Reyes (Quinta Manzana)
La Colonia de Aputzio	Los Romerillos (Tercera Manzana)
La Comunidad	Los Zapotes (Puerto los Zapotes)
La Cortina	Llano Grande (El Vergel)
La Cumbre (Quinta Manzana de Crescencio Morales)	Macutzio
La Dieta (Segunda Manzana de Crescencio Morales)	Macho de Agua (5ª Manzana de Crescencio Morales)
La Encarnación	Manzanillos (Primera Manzana)
La Fundición (Quinta Manzana)	Mesa de Dos Ríos (La Mesa Octava Manzana)
La Garita de Coatepec	Mesa de Loma Larga (Loma Bonita)
La Gironda (Hacienda la Gironda)	Mesa de los Alzati (Mesa de San Felipe)
La Guácima (Séptima Manzana de San Miguel)	Mesas de Enandio (Cuarta Manzana)
La Guitarrita (La Guitarra)	Ocurio
La Joya de Manzanillo (Segunda Manzana)	Ojo de Agua
La Loma (Quinta Manzana Crescencio Morales)	Ojo de Agua (Tercera Manzana de Zirahuato)
La Loma (Tercera Manzana de San Miguel)	Ojo de Agua de San Felipe (Primera Manzana)
La Lomita	Paraje del Granjeno
La Mesa	Piedra Ahumada
La Mesa (La Mesa de Cedano)	Puente Colorado
La Mesa Alta	Puentecillas (Tercera Manzana de Donaciano Ojeda)
La Mesa Chiquita (La Mesita Chiquita)	Puentecillas (Tercera Manzana de Zirahuato)
La Mesa de Abajo	Puentezuelas (Tercera Manzana de Curungueo)
La Mesa del Rincón de Curungueo	Puerto Azul (Quinta Manzana de San Felipe)
La Miel (Primera Manzana de San Felipe)	Puerto de los Espinos
La Mojonera	Puerto de San Felipe (El Trébol)
La Palma	Puerto del Aire
La Pera (La Mora el Aguacate)	Rincón de Curungueo (2ª Manzana de Curungueo)
La Pinzanera (Cémoro)	Rincón de Nicolás Romero (Cedros Tercera Manzana)
La Presa (Segunda Manzana Barrio de Santa Cruz)	Rincón del Ahorcado
La Resistol (Segunda Manzana de San Felipe)	Río de Guadalupe (4ª Manzana de Crescencio Morales)
La Soledad (Cuarta Manzana de Francisco Serrato)	Rosa Santa
La Viguita (Cuarta Manzana de Crescencio Morales)	Rosas de Zícata
La Y Griega	San Cayetano
La Ziranda (El Fresno)	San Felipe los Alzati (Colonia Nueva)
Las Casas Blancas	San Francisco Curungueo
Las Escobas (La Recicladora)	San Miguel Chichimequillas
Las Lomas de Aputzio (Las Lomas)	Santa Rita (Segunda Manzana de Curungueo)
Las Majadas (Rancho de Guadalupe)	Seis Palos (Quinta Manzana de San Miguel)
Las Mesitas	Silva de Abajo
Las Peras	Silva de Arriba (El Chorruto)
Las Pilas	Tercera Manzana de Manzanillos (El Rancho)
Las Pilas	Timbineo los Contreras
Las Pilitas	Toma de Agua

#### Las Rosas

#### Las Tiliás (La Haciendita)

Pueblo Nuevo (Colonia Valle de Quencio)

#### Valle Verde

#### Zirahuato de los Bernal

Zitácuaro [Parque Industrial]

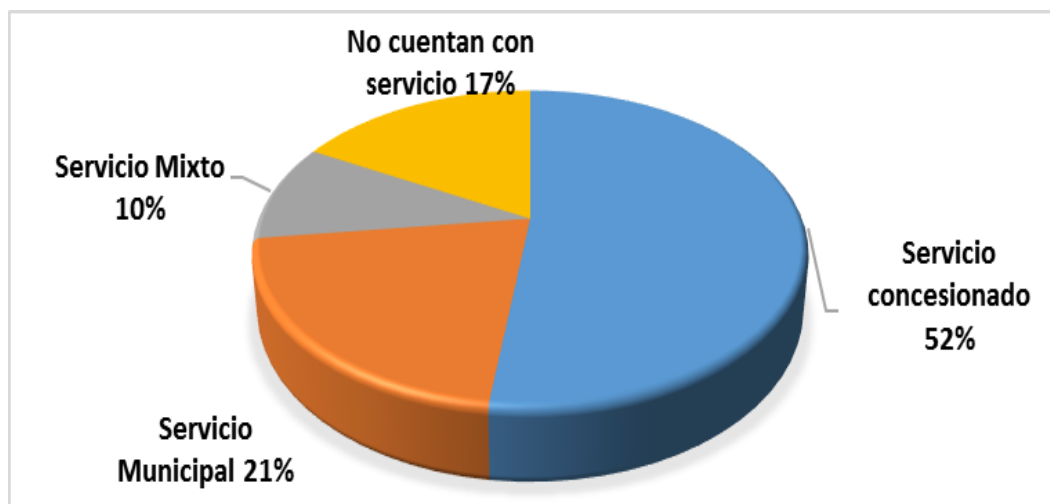
Según la información que obra en archivos del Departamento del Servicio de Limpia (2016), las localidades atendidas por el servicio de recolección de basura son 149, que representan el 83%, recolectando aproximadamente 96 ton/día.

- 38 localidades (21%) son atendidas por el municipio
- 93 (52%) por el servicio concesionado
- 18 (10%) mediante el servicio mixto, es decir, concesionado y municipal

Las 31 localidades restantes (17%) no están siendo atendidas (ver tabla 3.2 y gráfica 3.1).

**Tabla 2 Servicio de recolección de basura**

Servicio (C)oncesionado	Servicio (M)unicipal	Servicio Mixto CM	No cuentan con servicio	Total
93	38	18	31	180
52%	21%	10%	17%	100



**Gráfica 1 Servicio de recolección de basura**

#### Marco Teórico

Uno de los principales problemas de nuestros días es la generación de la basura y su inadecuado manejo por los problemas asociados como las enfermedades, la generación de

gases de efecto invernadero, la contaminación del suelo y del agua, la proliferación de fauna nociva y por supuesto los altos costos que implica el manejo de los residuos al erario municipal, prueba de ello es que de acuerdo con la Organización Panamericana de la Salud (2007)<sup>7</sup> el Manejo de Residuos, puede llegar a representar del 30% al 50% del presupuesto de las municipalidades en América Latina.

En México el marco jurídico en materia de residuos sólidos está basada en la Constitución Política; Leyes Generales de la Salud, del Equilibrio Ecológico y de Residuos; Normas Oficiales Mexicanas; Constituciones Políticas de los Estados; Leyes Estatales de Protección al Ambiente y de Residuos; Reglamentos de Leyes Estatales de Protección al Ambiente y de Residuos; Leyes Orgánicas de los Municipios; Bandos de Policía y Buen Gobierno y por último Reglamento de Limpia. Este marco jurídico se ha listado de mayor jerarquía y menor especificidad a menor jerarquía y mayor especificidad.

La principal ley de orden federal que establece lo que hay que hacer con los residuos que generamos es la Ley General para la Prevención y Gestión Integral de los Residuos (LGPGIR), que entró en vigor en el mes de enero de 2004. La base del enfoque de la LGPGIR son los siguientes 3 puntos:

- ✓ Disminuir la cantidad de residuos que generamos
- ✓ Aprovechar los residuos que producimos
- ✓ Dar un tratamiento a los residuos y colocarlos en un sitio de disposición final

Y los principios en los que se basa son:

1. Prevenir, valorizar y hacer un manejo integral bajo criterios de eficiencia ambiental, tecnológica, económica y social.

---

<sup>7</sup> Organización Panamericana de la Salud, oficina regional de la Organización Mundial de la Salud, 2007. *Manejo de los Residuos Sólidos Municipales en ciudades medianas*. Fecha de consulta: 28 julio 2016 disponible en: <http://www.bvsde.paho.org/cursos/mrsm/e/capitulo1.html>.

2. Responsabilidad compartida
3. El que contamina paga
4. Remediación de sitios
5. Producción limpia

Aunque en materia de legislación ambiental, México ha tenido un desarrollo notable, el verdadero problema consiste en la aplicación de dichas leyes. Una forma de hacerlas cumplir es a través de los Programas de Prevención y Gestión Integral de los Residuos donde se establezca lo que se requiere hacer y cómo se hará para alcanzar una gestión integral. Para diseñar estos programas es necesario que cada uno de los distintos órdenes de gobierno establezca la situación en la que se encuentra el municipio, es decir, elaborarlos de acuerdo a las necesidades locales, pero para ello deben determinarse dichas necesidades a partir de la caracterización de los residuos sólidos urbanos en las distintas estaciones del año.

De acuerdo con SEMARNAT (2015)<sup>8</sup> el incremento acelerado de la generación de residuos sólidos y la gran diversidad de materiales que los componen demandan una mayor cobertura del sistema, así como nuevas alternativas de tratamiento y nuevos equipos y tecnología con la finalidad de establecer sistemas de manejo, control y aprovechamiento que resguarden la calidad de vida de la población. Para lograr esto, es necesario conocer las características cualitativas y cuantitativas intrínsecas de los residuos.

---

<sup>8</sup> SEMARNAT, 2015. *Consulta temática*. Fecha de consulta: 28 julio 2016, disponible en [http://dgeiawf.semarnat.gob.mx:8080/ibi\\_apps/WFServlet?IBIF\\_ex=D3\\_R\\_RSM01\\_01&IBIC\\_user=dgeia\\_mce&IBIC\\_pass=dgeia\\_mce](http://dgeiawf.semarnat.gob.mx:8080/ibi_apps/WFServlet?IBIF_ex=D3_R_RSM01_01&IBIC_user=dgeia_mce&IBIC_pass=dgeia_mce)

## **Metodología**

Para un conocimiento específico de las características cuantitativas y cualitativas que identifican los residuos sólidos urbanos, se tomó como base la normatividad federal ambiental vigente siguiendo:

### **1. NMX-AA-61-1985 Determinación de la generación de RSU**

Se aplicó la NMX-AA-61-1985 que especifica el método para determinar la generación de residuos sólidos municipales a partir de un muestreo estadístico aleatorio. Esta norma parte de la división del municipio en estratos socioeconómicos (zonas divididas por los hábitos de consumo y economía) y posteriormente la recolección de muestras de residuos en el lugar de origen.

Las muestras se obtienen de los desechos entregados en los domicilios sin extraer ningún material y hasta completar un m<sup>3</sup> diario durante 8 días consecutivos. Una vez que los camiones recolectores ingresan al relleno sanitario, se toman las muestras de 1 camión/día/estrato en las instalaciones del sitio de disposición final. Esto permite determinar las características de los residuos en los diferentes estratos del municipio; cabe mencionar que estos datos pueden ser alterados en épocas estacionales donde el nivel de consumismo es mayor al de la época donde se realizó la caracterización.

### **2. NMX-AA-15-1985 Método de cuarteo**

Consiste en verter los residuos sólidos urbanos sobre una superficie plana de cemento firme de 4 m<sup>2</sup> bajo techo. Posteriormente los desechos se traspalean con la finalidad de homogenizarlos, la muestra se divide en cuatro partes iguales A, B, C y D y se eliminan las partes opuestas A y C o B y D, repitiéndose el mismo procedimiento hasta obtener un mínimo de 50 kg de residuos sólidos urbanos (NMX-AA-15-1985) (ver imagen 1)



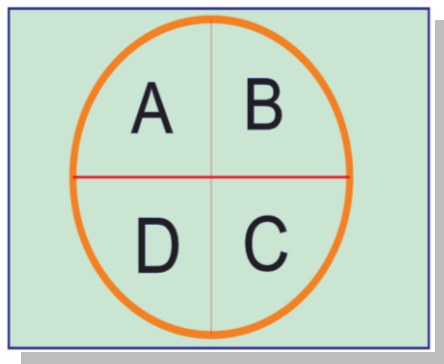


Imagen 1 División de cuarteo

### 3. NMX-AA-19-1985 Determinación del peso volumétrico in situ

El peso volumétrico se obtiene mediante un estudio de caracterización *in situ* de los residuos sólidos de la localidad (Instituto Nacional de Ecología, 2007)<sup>9</sup>

Es el peso de los residuos generados, excepto los de la fuente industrial, contenido en una unidad de volumen. Este factor permite calcular la capacidad del recipiente para almacenamiento provisional de estos desechos y los servicios y vehículos necesarios para la recolección en determinado sector y en toda la localidad.

La fórmula aplicable es:

$$P_v = P_r / U_v$$

En donde:  $P_v$ = peso volumétrico de los residuos, expresado en  $\text{kg/m}^3$ ;  $P_r$ = peso de los residuos, expresado en kg;  $U_v$ = unidad de volumen, expresada en  $\text{m}^3$

<sup>9</sup> Instituto Nacional de Ecología, 2007. *Descripción y cálculo de indicadores*. Fecha de consulta: 26 julio 2016, disponible en: <http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones/libros/344/anexo3.html>

#### **4. NMX-AA-22-1985 Selección y cuantificación de subproductos**

De los 50 kg obtenidos del método de cuarteo se procede a realizar la selección y cuantificación de subproductos, para lo cual es necesario clasificarlos como lo establece la NMX-AA-22-1985, (los subproductos se clasifican hasta agotarse la muestra).

Para cada uno de los subproductos seleccionados se toma su peso y se determina su porcentaje en función del peso total, aplicando la ecuación:

$$Ps = \frac{G1}{G} \times 100$$

En donde: PS= Porcentaje del subproducto considerado; G1= Peso del subproducto considerado, en kg descontando el peso de la bolsa empleada; G= Peso total de la muestra (mínimo 50 kg).

Con el porcentaje de generación diario de cada subproducto y evaluando los residuos con mayor demanda que se comercializan en las inmediaciones del sitio de disposición final de la localidad, se determinan los desechos potencialmente valorizables.

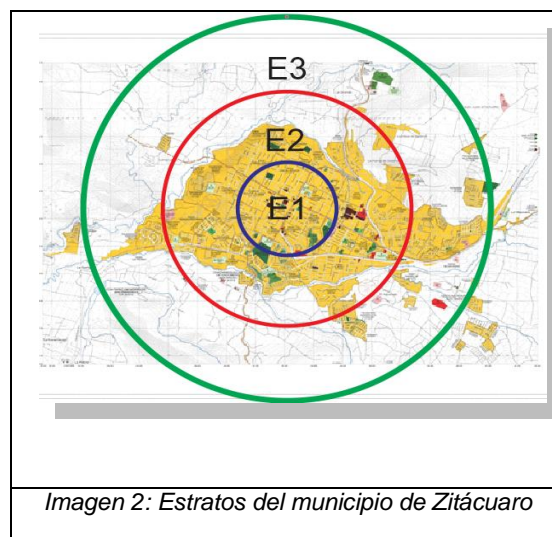
### **Resultados**

La caracterización de los residuos sólidos urbanos en el municipio de Zitácuaro, Michoacán se obtuvo mediante:

#### **1. Determinación de la generación de RSU**

Las localidades del municipio generan diferentes tipos de desechos de acuerdo al nivel socioeconómico, los hábitos de consumo y el tipo de zona. El municipio de Zitácuaro Michoacán se dividió en tres Estratos socioeconómicos (ver imagen 2):

- Estrato 1 (E1): zona centro
- Estrato 2 (E2): zona media
- Estrato 3 (E3): zona rural



Mediante la estratificación se agrupan las localidades similares y se reconocen las rutas de los camiones recolectores que los atienden (ver y tabla 3).

**Tabla 3 Estratos divididos en localidades**

Estratos	Zona	Nivel de consumismo	Localidades
1	Urbana	Alto	Col. José María Morelos, sobre tianguis, Col. Centro, Sec.1, Prim J. Mujica, Panamericano, Elektra y Morelos, 5 de Mayo Prim 18 de Marzo, Lerdo de Tejada Av. Revolución
2	Semiurbana	Medio	Salesiano, Jardín de la mora, Iglesia de Guadalupe Pueblita, Central Camionera, Pueblo Nuevo Parte Baja, INFONAVIT, Parte baja, Grúas, Col. el Moral, Reforma Agraria
3	Rural	Bajo	Parte Alta de Pueblo Nuevo, Las Rosas, FOVISSTE, San Pancho, Curungueo, Las Antenas, Macho de Agua, Aputzio, Presa del Bosque, Cereso

Para la prestación del servicio de recolección de basura el Ayuntamiento, a través del Servicios Públicos Municipales, atiende los comercios a los que llama “contribuyentes”, acopiando residuos, es decir, material valorizable, en tanto que para recoger los desechos de la población en general, el servicio es concesionado.

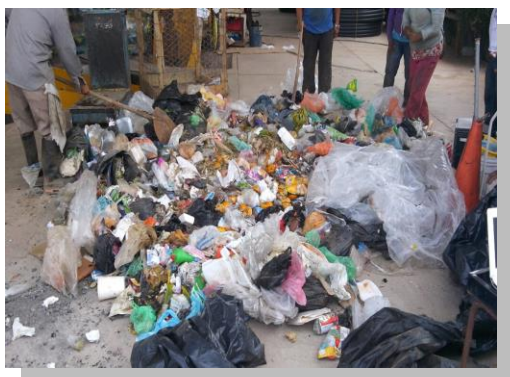
El interés de la presente investigación radica en la caracterización de los desechos domiciliarios; para realizar el muestreo se solicitó el apoyo de los camiones del servicio

concesionado (uno por cada estrato). No se tomaron muestras del servicio que presta el Ayuntamiento debido a que estos son 100% valorizables y no representan problema alguno para su manejo puesto que cumple con la regla de las 3R's al ser recuperados para su venta y posterior reciclaje.

Los camiones recolectores del servicio concesionado separaron material suficiente durante 8 días para llenar un m<sup>3</sup>/día de residuos tal y como le entregó la ciudadanía.

## 2. Método de cuarteo

Se vertieron los residuos sólidos urbanos sobre una superficie plana de cemento firme de 4 m<sup>2</sup> bajo techo; el objetivo de esto fue evitar que los residuos entren en contacto con las propiedades físicas de la tierra, evitando la filtración de residuos finos que alteraran la muestra. Posteriormente los desechos se traspalearon para homogenizarlos (ver foto1), la muestra se dividió en cuatro partes iguales A, B, C y D y se eliminaron las partes opuestas A y C o B y D, repitiéndose el mismo procedimiento hasta que se obtuvieron los 50 kg de residuos sólidos urbanos (NMX-AA-15-1985) (ver foto2)



*Foto 1: Traspaleo para homogenización de desechos*



*Foto 2: Método de cuarteo*

Es importante resaltar que a la hora de identificar los componentes de la muestra se consideró también lo que no puede ser valorizable, es decir, la basura para determinar el porcentaje de subproductos que aparecen en las muestras y el porcentaje de desechos.

### 3. Determinación de Peso Volumétrico

Con los datos obtenidos en el muestreo durante un periodo de 8 días, se determinó la media del peso volumétrico diario de cada muestra.

Actualmente en los municipios de México el peso volumétrico de los RSU sin compactar oscila entre 125 y 250 kg/m<sup>3</sup> (Instituto Nacional de Ecología, 2007)<sup>10</sup>. En Zitácuaro, los resultados obtenidos fueron similares a la generalidad del peso volumétrico del resto del país: el promedio de los residuos obtenidos en el Estrato 1 fue de 139.25 kg/m<sup>3</sup>; en el Estrato 2 el Pv fue de 142.12 kg/m<sup>3</sup> y en el Estrato 3 el peso volumétrico fue de 140.5 kg/m<sup>3</sup> y el peso volumétrico promedio de los 3 estratos, es decir, del municipio fue de 140 kg/m<sup>3</sup> (ver tabla 4).

Tabla 4 Determinación de peso volumétrico

Día	Peso volumétrico (kg/m <sup>3</sup> )				
	Estrato 1	Estrato 2	Estrato 3	Suma	Promedio Pv
1	110	147	203	460	153.33
2	150	150	161	461	153.66
3	112	150	148	410	136.66
4	154	136	124	414	138
5	160	170	108	438	146
6	180	164	122	466	155.33
7	148	106	124	378	126
8	100	114	134	348	116
<b>Promedio</b>	139.25	142.125	140.5		140.62

Ahora bien, tomando como referencia el cálculo empleado de la media (140.62 kg/m<sup>3</sup>) y el peso total de ingreso diario de residuos al relleno sanitario de la zona en estudio (96,811 Ton/día), se determina el volumen diario de desechos dispuestos en el vertedero es de 688.45 m<sup>3</sup>

$$Vd = \frac{96,811 \text{ Kg/día}}{140.62 \text{ Kg/m}^3} = 688.45 \text{ m}^3/\text{día}$$

<sup>10</sup> Instituto Nacional de Ecología, 2007. *Descripción y cálculo de indicadores*. Fecha de consulta: 26 julio 2016, disponible en: <http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones/libros/344/anexo3.html>

#### 4. Selección y cuantificación

Los subproductos valorizables y de interés, definidos para el presente estudio fue igual para los tres estratos: cartón, plásticos, metales, residuos orgánicos, papel, tetra-pack y vidrio. Aunque las cantidades varían entre cada zona, las cantidades son similares entre ellos.

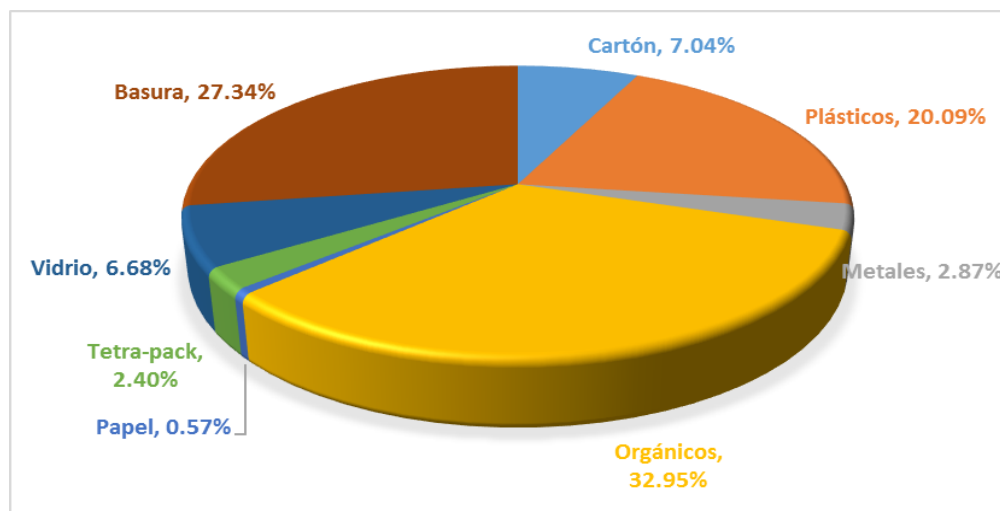
##### *Estrato 1*

En el periodo de la caracterización, los camiones recolectores pertenecientes a las rutas del Estrato 1 transportaron un total de 392.95 kg de residuos sólidos urbanos al vertedero del municipio.

El subproducto que presentó el mayor porcentaje en peso (32.95%) fue la materia orgánica. De la selección y la cuantificación de RSU del Estrato 1 se observa que del 100% de RSU que ingresan al vertedero, el 27.34% son desechos no valorizables y el 72.66% son posibles subproductos que pueden ser comercializados, reciclados o empleados como materia prima en la elaboración de otro producto (ver tabla 5 y gráfica 1)

**Tabla 5 Cuantificación de subproductos pertenecientes al Estrato 1**

Subproductos E1	Concepto	Peso en kg	Porcentaje por tipo de residuo detallado	Porcentaje por tipo de residuo
<b>Cartón</b>	Cartón corrugado o cartón liso	27.7	7.04%	7.04%
<b>Plásticos</b>	Polietileno de baja densidad (LDPE).	38.5	9.79%	20.09%
	Polietileno de alta densidad (HDPE)	6.5	1.65%	
	PET.	24.2	6.15%	
	Unicel	9.85	2.50%	
<b>Metales</b>	Latas	11.3	2.87%	2.87%
<b>Orgánicos</b>	Residuos alimenticios, plantas y animales	129.5	32.95%	32.95%
<b>Papel</b>	Revistas, libros, libretas etc.	2.25	0.57%	0.57%
<b>Tetra-pack</b>	Envases de leche y de jugo	9.45	2.40%	2.40%
<b>Vidrio</b>	De color y transparente	26.25	6.68%	6.68%
<b>Desechos</b>				
<b>Basura</b>		107.45	27.34%	27.34%
<b>Total</b>		<b>392.95</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>



**Gráfica 1: Representación de los subproductos y desechos del Estrato 1**

### *Estrato 2*

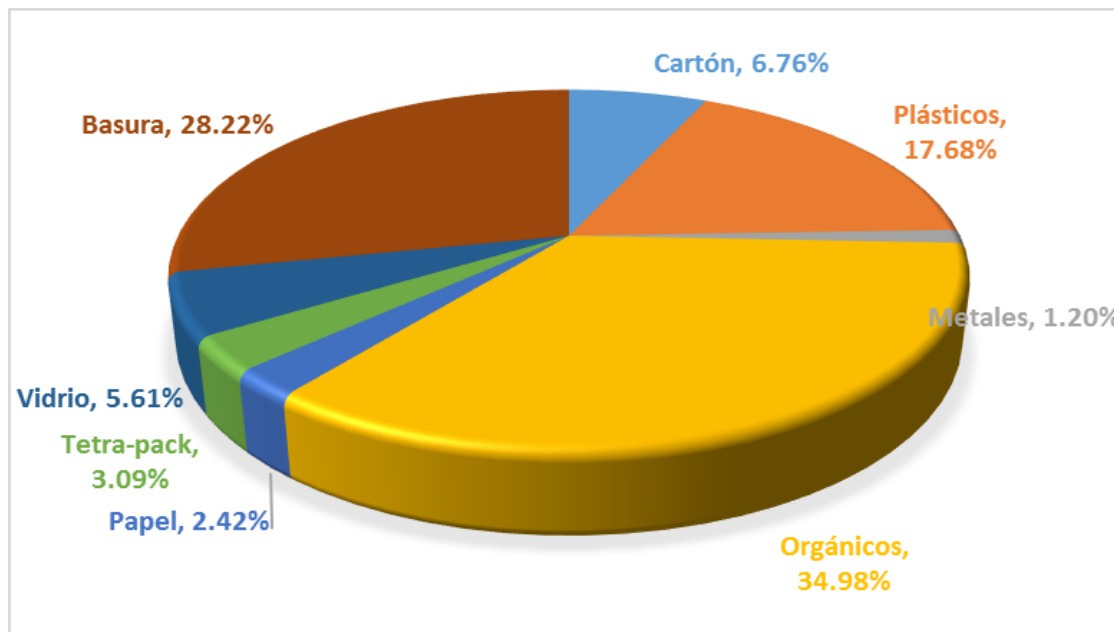
Se acopiaron 391.65 kg de residuos sólidos urbanos procedentes del Estrato 2. El subproducto que presenta el mayor porcentaje en peso (34.98%), al igual que en el Estrato 1, es la materia orgánica.

Del 100% de RSU provenientes del Estrato 2 que ingresan al relleno sanitario, el 28.22% son desechos no valorizables, es decir, el 71.78% son residuos valorizables (ver tabla 6 y gráfica 2)

**Tabla 6 Cuantificación de los subproductos pertenecientes al Estrato 2**

Subproductos E2	Concepto	Peso en kg	Porcentaje por tipo de residuo detallado	Porcentaje por tipo de residuo
<b>Cartón</b>	Cartón corrugado y cartón liso	26.5	6.76%	6.76%
<b>Plásticos</b>	Polietileno de baja densidad (LDPE)	37.1	9.47%	17.68%
	Polietileno de alta densidad (HDPE)	4.5	1.14%	
	PET	18.95	4.83%	
	Unicel	8.8	2.24%	
<b>Metales</b>	Lata	4.7	1.20%	1.20%
<b>Orgánico</b>	Residuos alimenticios, plantas y animales	137	34.98%	34.98%
<b>Papel</b>	Revistas, libros, libretas etc.	9.5	2.42%	2.42%
<b>Tetra-pack</b>	Envases de leche y de	12.1	3.09%	3.09%

	jugo			
<b>Vidrio</b>	De color y transparente	22	5.61%	5.61%
<b>Desechos</b>				
<b>Basura</b>		110.5	28.22%	28.22
<b>Total</b>		<b>391.65</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>



**Gráfica 2: Subproductos del Estrato 2**

### *Estrato 3*

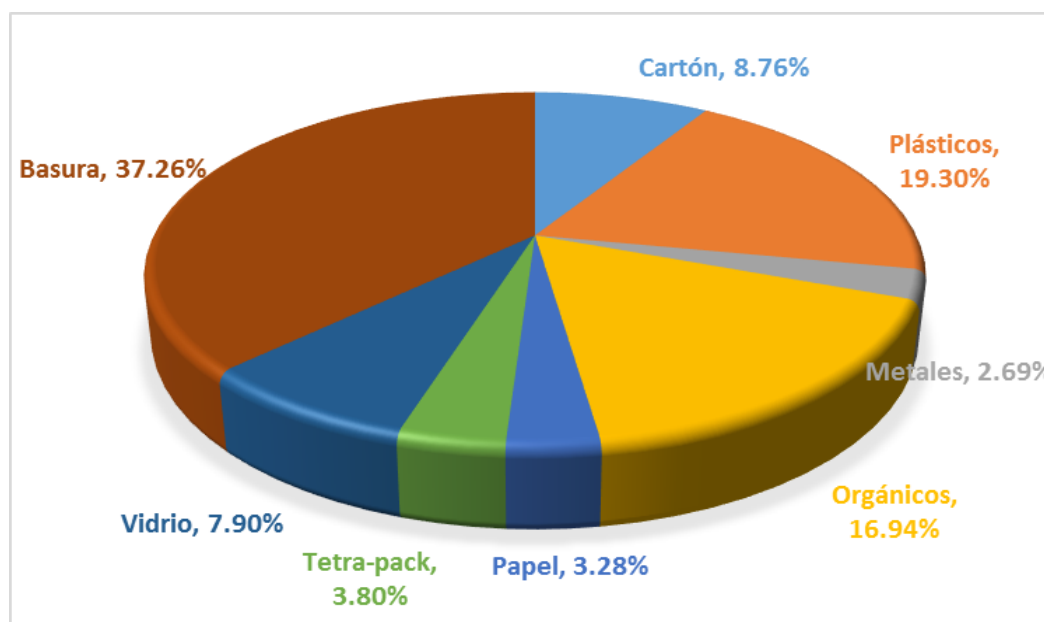
Los camiones recolectores pertenecientes a las rutas del Estrato 3 entregaron 392.95 kg de residuos. El subproducto que presentó el mayor porcentaje en peso (32.95%) fue la materia orgánica. Del 100% de RSU del Estrato 3, el 37.26% son desechos y 62.74% son residuos (ver tabla 7 y gráfica 3)

**Tabla 7 Cuantificación de los subproductos pertenecientes al Estrato 3**

Subproductos E3	Concepto	Peso en kg	Porcentaje por tipo de residuo detallado	Porcentaje por tipo de residuo
<b>Cartón</b>	Cartón corrugado y cartón liso	34.65	8.76%	8.76%
<b>Plásticos</b>	Polietileno de baja densidad (LDPE)	24	6.07%	19.3%
	Polietileno de alta densidad (HDPE)	20.5	5.18%	
	PET	23	5.82%	
	Unicel	8.85	2.23%	
<b>Metales</b>	Latas	10.65	2.69%	2.69
<b>Orgánicos</b>	Residuos alimenticios,	67	16.94%	16.94



	plantas y animales			
<b>Papel</b>	Revistas, libros, libretas etc.	13	3.28%	3.28%
<b>Tetra-pack</b>	Envases de leche y de jugo	15.2	3.8%	3.8%
<b>Vidrio</b>	De color y transparente	31.25	7.90%	7.90%
<b>Desechos</b>				
<b>Basura</b>		147.35	37.26%	37.26%
<b>Total</b>		<b>395.45</b>	<b>100%</b>	<b>100%</b>



**Gráfica 3: Subproductos del Estrato 3**

### **Caracterización de los residuos sólidos urbanos del municipio de Zitácuaro, Michoacán**

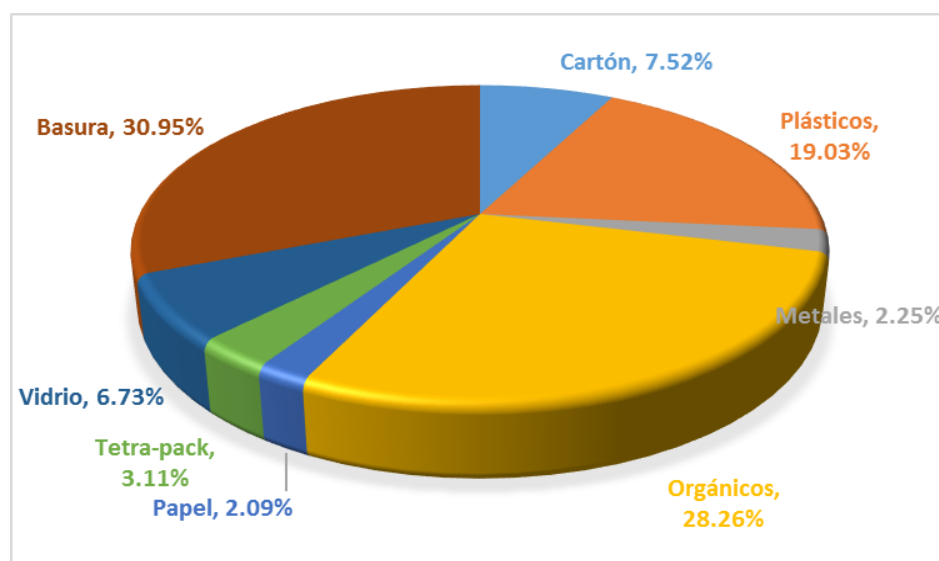
Los resultados globales obtenidos de la caracterización de los residuos sólidos urbanos del municipio arrojan que el 30.95% son desechos que deben ser enviados al vertedero municipal y el 69.05% son subproductos valorizables que pueden ser comercializados o reciclados.

El Ayuntamiento recupera el polietileno de baja densidad, el PET y la materia orgánica (generando composta). El polietileno de baja densidad que está limpio se emplea como materia prima para la producción de manguera que es vendido a muy bajo precio a los ejidatarios de la región.

El PET es prensado y puesto en pacas que se envían al cliente para su reciclaje; por último, la materia orgánica es empleada para la elaboración de una composta incipiente pese a ser el residuo con mayor presencia (ver tabla 6 y gráfica 4)

**Tabla 1 Cuantificación de los subproductos y desechos del municipio de Zitácuaro, Michoacán**

Subproductos del Municipio	Concepto	Peso en kg	Porcentaje por tipo de residuo detallado	Porcentaje por tipo de residuo
<b>Cartón</b>	Cartón corrugado y cartón liso	88.85	7.52%	7.52%
<b>Plásticos</b>	Polietileno de baja densidad (LDPE)	99.6	8.44%	19.03%
	Polietileno de alta densidad (HDPE)	31.5	2.66%	
	PET	66.15	5.60%	
	Unicel	27.5	2.33%	
<b>Metales</b>	Latas	26.65	2.25%	2.25%
<b>Orgánicos</b>	Residuos alimenticios, plantas y animales	333.5	28.26%	28.26%
<b>Papel</b>	Revistas, libros, libretas etc.	24.75	2.09%	2.09%
<b>Tetra-pack</b>	Envases de leche y envases de jugo	36.75	3.11%	3.11%
<b>Vidrio</b>	De color y transparente	79.5	6.73%	6.73%
<b>Desechos</b>				
<b>Basura</b>		365.2	30.95%	30.95%
<b>Total</b>		1180.05	100%	100%



**Gráfica 4: Subproductos y desechos del Municipio de Zitácuaro, Michoacán**

## **Conclusiones**

- ✓ Las características de los residuos sólidos urbanos de los tres estratos en que se dividió el municipio son muy similares.
- ✓ El 30.95% son desechos que deben ser enviados al vertedero municipal y el 69.05% son subproductos valorizables que pueden ser comercializados o reciclados.
- ✓ La mayor parte de los tipos de residuos generados son plásticos y materia orgánica; el polietileno de baja densidad se aprovecha para elaboración de manguera y el PET se comprime y se vende; pueden establecerse estrategias para la recuperación del resto de los residuos principalmente vidrio y metales.
- ✓ La elaboración de composta a partir de la materia orgánica recuperada puede mejorarse el proceso a través de capacitación al personal y mejor aún puede capacitarse a la ciudadanía para producirla y evitar que
- ✓ La densidad o peso volumétrico de los desechos sin comprimir del municipio, 140.62 kg/m<sup>3</sup> están dentro del rango que presentan el resto de los municipios del país 125 y 250 kg/m<sup>3</sup>.
- ✓ Los esfuerzos deben ir más enfocados a la prevención de la generación de basura que a su recuperación.

## **Recomendación**

- ✓ Disminuir la cantidad de desechos que van a parar al vertedero mediante la aplicación de la regla de las 3R's.
- ✓ Fomentar la participación ciudadana y la participación de las instituciones educativas para resolver el problema de la generación innecesaria
- ✓ Fomentar la clasificación de los residuos desde el origen.

## BIBLIOGRAFÍA

**INAFED**, 2016. *Enciclopedia de los Municipios y Delegaciones de México*. [En línea] Available at: [www.inafed.gob.mx](http://www.inafed.gob.mx) [Último acceso: 20 junio 2016].

**INEGI**, 2015. *Cuéntame*. [En línea] Available at: <http://cuentame.inegi.org.mx/monografias/informacion/Mich/Poblacion/default.aspx?tema=ME&e=16> [Último acceso: 10 junio 2016].

**Instituto Nacional de Ecología**, 2007. *Descripción y cálculo de indicadores*. [En línea] Available at: <http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones/libros/344/anexo3.html> [Último acceso: 26 julio 2016].

**Organización Panamericana de la Salud**, oficina regional de la Organización Mundial de la Salud, 2007. *Manejo de los Residuos Sólidos Municipales en ciudades medianas*. [En línea] Available at: [http://www.bvsde.paho.org/cursoa\\_mrsm/e/capitulo1.html](http://www.bvsde.paho.org/cursoa_mrsm/e/capitulo1.html) [Último acceso: 28 julio 2016].

**SEDESOL**, 2013. *Catálogo de Localidades*. [En línea] Available at: <http://www.microrregiones.gob.mx/catloc/LocdeMun.aspx?tipo=clave&campo=loc&ent=16&mun=112> [Último acceso: 08 junio 2016].

**SEMARNAT**, 2015. *Consulta temática*. [En línea] Available at: [http://dgeiawf.semarnat.gob.mx:8080/ibi\\_apps/WFServlet?IBIF\\_ex=D3\\_R\\_RSM01\\_01&IBIC\\_user=dgeia\\_mce&IBIC\\_pass=dgeia\\_mce](http://dgeiawf.semarnat.gob.mx:8080/ibi_apps/WFServlet?IBIF_ex=D3_R_RSM01_01&IBIC_user=dgeia_mce&IBIC_pass=dgeia_mce) [Último acceso: 28 julio 2016].

**SEMARNAT**, 2015. *Dirección General de Estadística e Información Ambiental*. [En línea] Available at: [http://www.economia-nmx.gob.mx/normasmx/index.nmx\\_5-10-2015](http://www.economia-nmx.gob.mx/normasmx/index.nmx_5-10-2015) [Último acceso: 15 julio 2016].